



## EMG 신호 기반의 웨어러블 기기를 통한 화재감지 자율 주행 로봇 제어

### Autonomous Mobile Robot Control using the Wearable Devices Based on EMG Signal for detecting fire

김진우 · 이우영 · 유제훈 · 심귀보<sup>†</sup>  
Jin-Woo Kim, Woo-Young Lee, Je-Hun Yu, and Kwee-Bo Sim<sup>†</sup>

중앙대학교 전자전기공학부  
School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University

#### 요 약

본 논문은 EMG(Electromyogram) 신호 기반의 웨어러블 기기를 이용하여 화재 감지 자율 주행 로봇을 제어하는 시스템을 제안하였다. 사용자의 EMG 신호를 읽어내기 위한 기기로는 Myo armband를 이용하였다. EMG 신호의 데이터를 블루투스 통신을 이용하여 컴퓨터로 전송한 후 동작을 분류하였다. 그 후 다시 블루투스를 이용하여 분류한 데이터 값을 uBrain 로봇으로 전송해 로봇이 움직일 수 있도록 구현하였다. 로봇을 조종 가능한 명령으로는 직진, 우회전, 좌회전, 정지를 구성하였다. 또한 로봇이 사용자로부터의 블루투스 신호를 받아오지 못하거나 사용자가 주행모드 변경의 명령을 내리면 로봇이 자율 주행을 하도록 하였다. 로봇이 주변을 돌아다니면서 적외선 센서로 화재를 감지하면 LED를 깜빡여 로봇 주변의 상황을 확인할 수 있도록 하였다.

키워드 : 인간 로봇 상호작용, 근전도, 불꽃 감지, 몸짓 인식

#### Abstract

In this paper, the autonomous mobile robot control system for detecting fire was proposed using the wearable device based on EMG(Electromyogram) signal. Myo armband is used for detecting the user's EMG signal. The gesture was classified after sending the data of EMG signal to a computer using Bluetooth communication. Then the robot named 'uBrain' was implemented to move by received data from Bluetooth communication in our experiment. 'Move front', 'Turn right', 'Turn left', and 'Stop' are controllable commands for the robot. And if the robot cannot receive the Bluetooth signal from a user or if a user wants to change manual mode to autonomous mode, the robot was implemented to be in the autonomous mode. The robot flashes the LED when IR sensor detects the fire during moving.

Key Words : Human-Robot Interaction, Electromyograph, Fire detecting, Gesture recognition

Received: May, 24, 2016  
Revised: Jun, 1, 2016  
Accepted: Jun, 1, 2016  
<sup>†</sup>Corresponding authors  
kbsim@cau.ac.kr

## 1. 서 론

로봇 기술이 발전함에 따라 사용자가 로봇을 효율적으로 제어하기 위한 인터페이스 기술의 연구가 요구되고 있다. 이러한 기술을 인간과 로봇의 상호작용 (HRI, Human-Robot Interaction)이라 하는데, 기존에는 사용자가 컴퓨터 혹은 로봇을 제어하기 위해 리모컨, 조이스틱, 터치패드 등의 인터페이스 기기를 이용하였다. 하지만 기존의 인터페이스 기기는 양손을 이용하기 때문에 일의 효율성이 떨어지는 단점이 있다. 최근에는 이러한 단점을 극복하기 위해 생체신호를 이용한 HRI 기술의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 로봇을 제어하기 위해 우리가 의도적으로 움직일 수 있는 생체신호인 Electroencephalogram (EEG), Electrooculogram (EOG), Electromyogram (EMG) 등의 정보를 활용하는 HRI 기술의 연구가 진행되고 있다 [1].

EEG 신호를 이용한 HRI 기술은 사람의 뇌파를 측정하여 로봇을 제어하는 것으로 현재 활발히 연구되고 있는 분야이다 [2, 3]. 하지만 EEG 신호를 이용한 기술은 뇌파의 신호가 일정하지 못하고 외부로부터의 간섭을 쉽게 받기 때문에 분석이 어렵다는 단점이 있다.

EOG 신호를 이용한 HRI 기술은 눈의 망막 전위도를 측정하여 로봇을 제어하는 기술이다. EOG

본 논문은 본 학회 2016 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 측정하기 위한 센서는 안구의 운동을 탐지하는 전극으로 눈가의 근육이 수축과 이완할 때 변하는 미세한 전위차를 통해 안구의 움직임을 잡아낼 수 있다. 전극을 통해 얻은 EOG 신호를 분석하여 눈의 긴장도와 피로도를 알 수 있고, 이를 통해 착용한 사람의 상태를 분석할 수 있다. 하지만 EOG 신호를 측정하려면 눈 주위에 전극을 부착해야 하는 불편함이 있다 [4].

EMG 신호를 이용한 HRI 기술은 근전도를 측정하여 로봇을 제어하는 기술이다 [5]. EMG 신호는 주로 팔의 표면에 전극을 부착하여 측정하기 때문에 다른 생체신호 측정 방법에 비해 비교적 쉽고 간편하게 신호를 측정할 수 있다. 또한 측정되는 값이 일정하기 때문에 EEG 신호나 EOG 신호에 비해 정확하게 신호를 측정할 수 있다. EMG 신호를 이용한 HRI 기술은 인터페이스 기기를 손으로 조작하지 않고 로봇을 제어할 수 있기 때문에 정찰 및 탐사의 목적으로 로봇을 조종하는데 유리하다. 예를 들면 군인이 총을 든 상태로 로봇을 조종하거나 연구자가 추운 지방에서 장갑을 끼고도 쉽게 로봇을 조종할 수 있다 [6]. 이와 같이 EMG 신호를 이용하면 양손에 자유를 가져다주고 극한의 환경에서도 손쉽게 로봇을 조종할 수 있다.

또한 이러한 HRI 기술이 필요한 곳으로 화재현장을 말할 수 있는데, 화재현장은 불이 옮겨 붙거나 가스가 새서 폭발이 일어나는 등 상황이 시시각각으로 바뀌면서 소방관들의 안전을 위협한다. 화재현장에서 화재감지시스템이 오동작하여 화재감지를 하지 못할 때 로봇을 이용하면 화재를 조기에 감지할 수 있고 조치를 취할 수 있다 [7, 8]. 이에 대구소방안전본부와 대구경북과학기술원은 지식경제부 시범서비스 사업으로 2009년 9월에 소방관 보조 로봇을 도입하였다. 그러나 소방관들의 심층 면접 결과 보조 로봇에 의한 정찰 이후 화재진압을 하게 되면 초기진압이 실패할 가능성이 크다는 지적이 있었다. 또한 보조 로봇의 문제점으로 조종기를 사용하는데 불편한 점이 있다는 것과 통신거리가 짧다는 것과 조작이 유선으로만 가능하며 연결선의 꼬임 현상으로 인해 이동이 불가능할 수도 있는 것 등의 문제점이 지적되었다 [9]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 로봇의 자율주행 방법에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다 [10, 11].

본 논문에서는 인간의 접근이 어려운 화재현장에서 불꽃을 감지하기 위하여 미로찾기 알고리즘 중 우수법을 기반으로 자율주행하며 화재를 조기에 발견하고 조치를 위한 센싱 및 알림 기능을 가진 로봇 시스템을 제안하였다. 또한 기존 화재현장 보조로봇의 한계점인 로봇을 제어할 때 양손이 자유롭지 못하다는 점과 유선으로만 조작할 수 있다는 점을 보완하는 것을 목표로 로봇 시스템을 제안하였다.

이러한 로봇 시스템을 구현하기 위하여 EMG 신호 기반의 웨어러블 기기를 사용하여 소방관들이 화재 진압을 하면서 동시에

탐사로봇을 조종하여 화재를 진압할 수 있도록 하였다. 무선으로 로봇을 제어할 수 있도록 블루투스 통신을 이용하였고 로봇의 LED를 사용하여 소방관들이 현장의 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 하였다. 또한 로봇에 자율 주행 기능을 추가함으로써 사용자로부터 통신이 끊기더라도 로봇이 화재현장의 조사를 지속할 수 있게 구현하였다.

## 2. 구현 방법

### 2.1 로봇제어

그림 1은 전체 시스템 구성도이다. EMG 센서 myo를 이용하여 팔의 근전도 신호를 측정 후 블루투스로 근전도 신호를 전송한다. 다음으로 컴퓨터에서 측정된 근전도 신호를 분류한 뒤 블루투스를 통해 로봇에 명령어를 전송하여 로봇의 움직임을 제어한다.

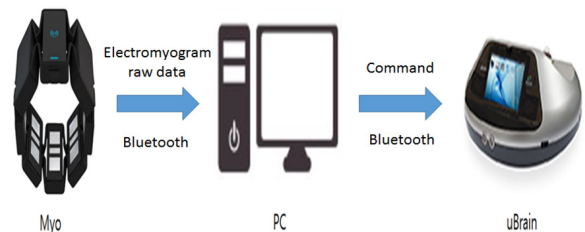


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System composition

그림 2는 근전도 신호를 측정하기 위하여 사용한 Thalmic Labs사의 Myo이다. 사용자의 오른팔 전완근의 가장 두꺼운 부분에 Myo를 착용하고, Myo 내부의 8개의 EMG 센서를 통해 측정된 근전도의 raw data를 컴퓨터로 전송한다. 컴퓨터에서는 Thalmic Labs사에서 제공하는 SDK 프로그램을 이용해 엄지와 중지를 두 번 두드리는 동작, 손목을 안으로 꺾는 동작, 손목을 밖으로 꺾는 동작, 주먹을 쥐는 동작, 손가락을 펼치는 동작의 5가지 동작을 분류한다 [12]. 그 후 컴퓨터는 각각의 동작에 해당하는 character 타입의 명령어를 로봇으로 전송한다.



그림 2. EMG 센서  
Fig. 2. EMG sensor

그림 3은 Huins 사의 교육용 로봇 uBrain이다. 이 uBrain 로봇은 다양한 센서와 디스플레이, 통신기기를 이용하여 여러 실험을 할 수 있도록 개발되었다. 본 논문에서는 uBrain의 기능 중 초음파 센서와 적외선 센서, Bluetooth를 사용하여 화재 감지 로봇을 구현하였다 [13]. uBrain의 개발 환경으로는 Keil 사의 uVision 5를 사용하였다.

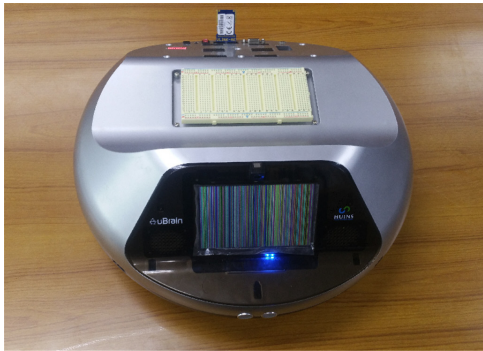


그림 3. 교육용 로봇 uBrain  
Fig. 3. The robot uBrain for education

### 2.2 화재감지방법

화재를 감지하기 위해 uBrain 내부의 적외선 센서를 사용하였다. 적외선을 감지할 때 적외선 센서의 발광부와 수광부를 모두 사용하면 적외선 센서의 반응이 화재에 의한 것인지 물체에 의한 것인지 모르는 문제점과 적외선 센서 주위에 물체가 존재하지 않아도 빛에 의해 항상 일정량의 적외선 수치가 측정되는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 불꽃만을 감지하도록 적외선 센서의 수광부만을 이용하였고 적외선 센서의 offset을 고려하여 불꽃이 발하는 적외선을 판별할 수 있도록 하였다. 또한 사용자가 적외선 센서가 불꽃을 감지했는지 확인할 수 있도록, 불꽃을 감지하면 uBrain의 LED를 깜빡이게 하였다.

## 3. 구현 및 실험

### 3.1 제어 실험

본 논문에서는 로봇을 제어하기 위하여 사용자의 오른팔 전완근의 가장 두꺼운 부분에 Myo를 착용한 상태에서 8개의 Myo 내부 EMG 센서를 통해 근전도의 raw data를 측정한다. 그리고 블루투스를 이용하여 측정한 데이터를 컴퓨터로 전송한다. 컴퓨터에서는 Thalmic Labs 사에서 제공하는 SDK 프로그램을 이용하여 각 동작을 분류한 뒤 Keil 사의 uVision5 프로그램을 이용하여 분류된 동작에 해당하는 character형 명령어를 uBrain으로 전송하여 각 동작을 수행하도록 구현하였다. 그림 4는 로봇제어 알고리즘이다.

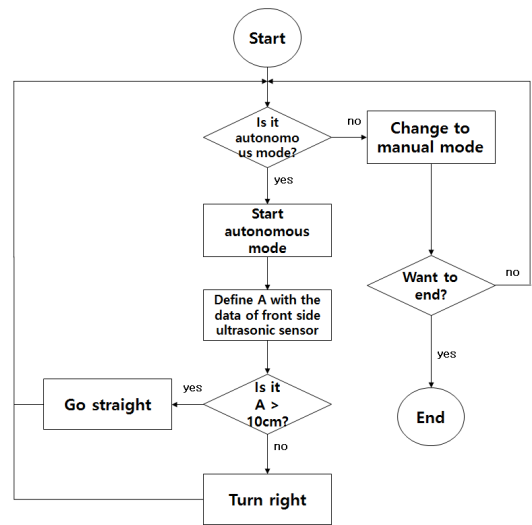


그림 4. 로봇제어 알고리즘  
Fig. 4. Robot control algorithm

로봇을 제어할 때, 신호가 끊기거나 사용자가 원할 경우 자율 주행 모드와 수동 주행 모드를 선택하도록 구현하였다. 주행모드를 선택하는 방법으로 Myo의 5가지 동작 중 손가락을 펴는 동작을 이용하여 자율 주행 여부를 결정할 수 있게 하였다. 수동 주행 모드 시 손가락을 펴면 자율 주행 모드로 바뀌고 자율 주행 모드

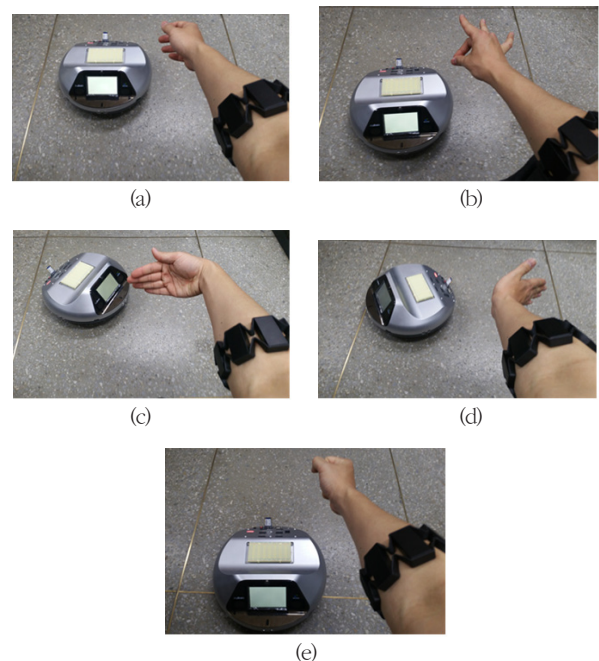


그림 5. 수동 주행 모드 시 손동작에 따른 로봇 제어 :  
(a) 휴식 상태 (b) 중지와 엄지를 두 번 두드리는 동작  
(c) 손을 안으로 꺾는 동작 (d) 손을 밖으로 꺾는 동작  
(e) 주먹을 쥐는 동작  
Fig. 5. Robot control with hand gesture at manual control mode :  
(a) rest (b) double tap (c) wave in (d) wave out (e) fist

시 손가락을 펴면 수동 주행 모드로 바뀐다. 또한 블루투스 통신의 범위인 약 10m를 벗어나면 자동으로 수동 주행 모드에서 자율 주행 모드로 바뀌도록 하였다.

수동 주행 모드로는 Myo의 5가지 동작 중 4가지 동작을 이용하여 직진, 우회전, 좌회전, 정지를 선택할 수 있다. 그림 5는 Myo를 이용하여 다양한 손동작을 분류하고 uBrain 로봇을 제어한 사진이다. 그림 5 (b)~(e)는 순서대로 전진, 좌회전, 우회전, 정지의 명령에 대응하도록 구현하였다. 그림 5 (a)는 아무것도 하지 않는 상태이며 Myo의 5가지 동작으로 분류되지 않는 경우로 uBrain이 직진의 명령을 유지하도록 한다.

자율 주행 모드 시 우수법을 응용하여 초음파센서의 전방 10cm 이내에 장애물이 있을 경우 10cm 범위 안에 장애물이 인식되지 않을 때까지 우회전을 하도록 설정하였다. 만약 전방 10cm 이내에 장애물이 없을 경우에는 직진을 하도록 구현하여 로봇이 화재 현장을 능동적으로 탐사할 수 있도록 구현하였다.

### 3.2 화재감지 실험 결과

uBrain의 적외선 센서는 약 3cm에서 15cm까지의 거리에 대해서 신뢰성을 갖는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 그림 6은 적외선 센서를 이용하여 여러 가지 색의 물체를 거리에 대해서 측정한 100개의 수치를 그래프로 나타낸 것이다. 2cm에서는 물체들의 분산이 2792.76으로 분산과 평균이 비슷한 것으로부터 정규분포에 근거하여 신뢰성이 없음을 알 수 있다. 이에 비해 3cm에서는 분산이 220.75로 정규분포로 보았을 때 평균에서 0.9985 이상의 신뢰성이 있음을 확인할 수 있다.

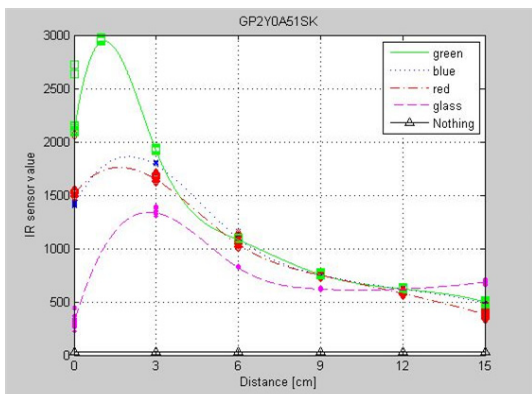


그림 6. 거리에 따른 물체들의 적외선 센서 측정값  
Fig. 6. IR sensor value depending on distance between sensor and subjects

적외선 센서로 아무것도 측정하지 않을 때는 평균 30.5, 분산 2.92의 데이터를 얻을 수 있었다. 적외선 센서로 불꽃을 측정하면서 오류 값으로 적외선 수치가 30.5 근처의 값이 출력되는 경우가 있었다. 불꽃을 제대로 인식하지 못한 경우를 제외하기 위해

정규분포로부터 0.9985의 신뢰도로 39.26의 값 이상만을 불꽃으로 인식하도록 하였다. 그림 7은 적외선 센서가 불꽃을 제대로 인식한 경우의 거리에 대한 적외선 수치이다. 이를 바탕으로 적외선 수치가 약 500 이상일 경우에 uBrain의 15cm 이내에 불꽃이 있다는 것을 인식하게 하였고, 그림 8은 이를 실험한 사진이다.

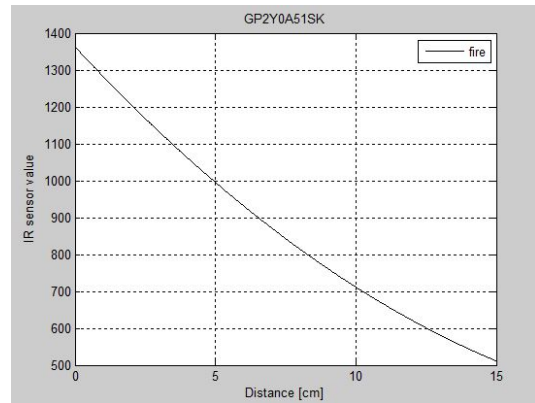


그림 7. 거리에 따른 불꽃의 적외선 센서 측정값  
Fig. 7. IR sensor value of flame depending on distance



(a) 2-12cm (b) 12-15cm

그림 8. 거리 변화에 따른 센서의 불꽃인식 실험 : (a) 불꽃과의 거리가 2-12cm일 경우 (b) 불꽃과의 거리가 12-15cm일 경우

Fig. 8. Experiment of sensor to detect flame depending on distance :  
(a) Distance from the flame is 2-12cm (b) Distance from the flame is 12-15cm

## 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 사용자가 특정한 동작을 취하면 Myo가 동작을 감지하여 로봇이 정해진 움직임을 보이도록 구현하였다. 사용자가 직접 로봇을 조종하는 수동 주행 모드뿐 아니라 자율 주행 기능도 추가하여 로봇과 사용자로부터의 신호가 끊겨도 로봇이 임무를 지속적으로 수행할 수 있게 하였다. 또한 적외선 센서의 수광부만을 이용하여 불꽃을 감지할 수 있게 만들어 소방관을 보조하는 정찰로봇의 기능을 구현하였다. 기존의 보조 로봇과는 달리 근전도 신호만으로 로봇을 조종할 수 있다는 점은 소방관들이 화재를 진압하는 동시에 현장을 파악할 수 있어 화재 진압 시간을 줄일 수

있다. 또한 이 로봇을 사용한다면 소방관들의 안전을 높일 수 있을 것이라 기대된다.

하지만 EMG 센서의 정확도가 다소 부족하다는 점, 적외선만으로 자세한 화재현장을 파악하는 것에는 무리가 있다는 점 등의 문제점이 있어 차후 보완이 필요하다. 앞으로의 연구로는 이러한 문제점을 해결하기 위해 근전도 신호를 정확하게 분류하는 방법과 화재현장을 자세하게 파악할 수 있는 알고리즘을 구현할 계획이다.

### References

[1] M. R. Ahsan, M. I. Ibrahimy, and O. O. Khalifa, "EMG Signal Classification for Human Computer Interaction: A Review", *European Journal of Scientific Research*, Vol. 33, No. 3, pp. 480-501, 2009

[2] J. H. Yu, and K. B. Sim, "Robot Control based on Steady-State Visual Evoked Potential using Arduino and Emotiv Epoc", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 25, No. 3, pp. 254-259, 2015

[3] K. B. Sim, H. G. Yeom, and I. Y. Lee, "EEG Signals Measurement and Analysis Method for Brain-Computer Interface", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 18, No. 5, pp. 605-610, 2008

[4] M. Duguleana and G. Mogan, "Using eye blinking for eog-based robot control," in *Emerging Trends in Technological Innovation*, 2010, pp. 343-350.

[5] B. I. Jeon, H. C. Cho, and H. T. Jeon, "The Implementation of the Intelligent Exoskeleton Robot Arm Using ElectroMyogram(EMG) vital Signa", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 22, No. 5, pp. 533-539, 2012

[6] M. Sathiyarayanan, T. Mulling, and B. Nazir, "Controlling a Robot Using a Wearable Device (MYO)", *International Journal of Engineering Development and Research*, Vol. 3, No. 3, 2015

[7] Y. S. Moon, Y. N. Seo, N. Y. Ko, S. H. Roh, and J. P. Park, "Robot Design for Fire Detection and Data Processing", *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, Vol. 5, No. 1, pp. 31-36, 2010

[8] K. M. Jeong, J. K. Kang, G. H. Lee, S. U. Lee, Y. C. Seo, C. H. Choi, S. H. Jung, and S. H. Kim, "Development of a Robotic System for Searching Human Victims in Disasters", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 114-120, 2007

[9] K. R. Kim, and J. T. Kim, "A Research of the Development Plan for a Highly Adaptable FSR (Fire Safety Robot) in the Scene of the Fire", *Fire Science and Engineering*, Vol. 24, No. 3, 2010

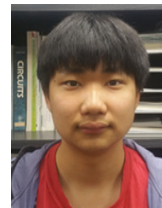
[10] J. Y. Heo, G. T. Kang, and W. C. Lee, "Navigation of an Autonomous Mobile Robot with Vision and IR Sensors Using Fuzzy Rules", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 17, No. 7, pp. 901-906, 2007

[11] I. K. Lee, and S. H. Kwon, "Ontology-based Control of Autonomous Robots", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 19, No. 1, pp. 69-74, 2009

[12] Thalmic Labs. "Myo Gesture Control Armband", Available: <https://www.myo.com/techspecs>, 2015, [Accessed: February 26, 2016]

[13] Huins Inc. "uBrain", Available: <http://huins.com/new/main/main.php>, 1992, [Accessed: April 29, 2016]

### 저 자 소 개



**김진우(Jin-Woo Kim)**

2014년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부  
학사과정

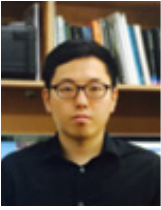
관심분야 : 뇌-컴퓨터 인터페이스, 지능로봇, 지능시스템 등.  
Phone : +82-2-820-5319  
E-mail : jinnood@cau.ac.kr



**이우영(Woo-Young Lee)**

2016년 : 중앙대학교 전자전기공학부공학사  
2016년~현재 : 중앙대학교  
대학원전자전기공학과  
석사과정

관심분야 : 의도인식, 감성인식, 지능로봇, 지능시스템, 사물인터넷 (IoT), 빅데이터 등.  
Phone : +82-2-820-5319  
E-mail : lwy0611@cau.ac.kr



**유제훈(Je-Hun Yu)**

2015년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사

2015년~현재 : 중앙대학교 대학원

전자전기공학과

석박사통합과정.

관심분야 : 뇌-컴퓨터 인터페이스, 의도인식, 감성인식, 지능로봇, 지능시스템, 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등.

Phone : +82-2-820-5319

E-mail : yjhoon651@cau.ac.kr



**심귀보(Kwee-Bo Sim)**

1990년 : The University of Tokyo 전자공학과

공학박사

1991년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부

교수

2006년~2007년 : 한국지능시스템학회회장

관심분야 : 인공생명, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 감정인식, 의도인식, 유비쿼터스 지능형로봇, 지능시스템, 컴퓨터이셔널 인텔리전스, 지능형 홈 및 홈 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅 및 센서 네트워크, 소프트 컴퓨팅(신경망, 퍼지, 진화연산), 다개체 및 자율분산로봇시스템, 인공면역시스템, 지능형 감시시스템, 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등.

Phone : +82-2-820-5319

E-mail : kbsim@cau.ac.kr

Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>